

**Pathologisch-Anatomische Kriterien
der Operabilität der koronaren Herzkrankheit**

von

ULRICH FIEGL
aus Weissenburg

Aus dem Pathologischen Institut
der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg
Direktor: Prof. Dr. Volker Becker

Pathologisch-Anatomische Kriterien der Operabilität der koronaren Herzkrankheit

INAUGURAL-DISSERTATION

zur Erlangung der Doktorwürde

dem Fachbereich Medizin

der Friedrich-Alexander-Universität

Erlangen-Nürnberg

vorgelegt von

ULRICH FIEGL

aus Weißenburg

Gedruckt mit Erlaubnis des Fachbereichs Medizin
der Universität Erlangen-Nürnberg



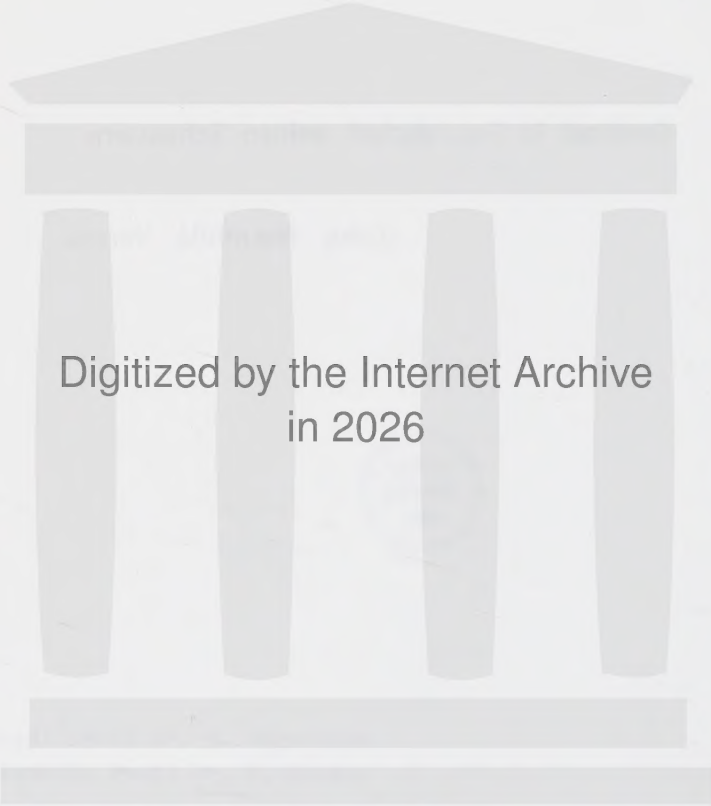
Dekan: Prof. Dr. E. Rügheimer

Referent: Prof. Dr. V. Becker

Tag der mündlichen Prüfung: 29.06.1978

Gewidmet in Freundschaft meinen Schwestern

Ulrike, Mechthild, Verena



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41548222_0087

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Einleitung	1
Material und Methode	2
Ergebnisse	
1. Häufigkeit und Topographie der Koronarstenosen	9
2. Aufgliederung in Stamm-Erkrankungen	14
3. Myokardzustand	
a) Myokardzustand in allen Versorgungsgebieten	16
b) Myokardzustand hinter kritischen Stenosen	18
c) Myokardzustand hinter Koronarverschlüssen	21
4. Operabilität	
a) Gliederung nach Versorgungsgebieten	25
b) Gliederung nach Stamm-Erkrankungen	30
c) Frische Infarkte und frische Thrombosen	32
Diskussion	33
1. Häufigkeit und Topographie der kritischen Koronarstenosen	36
2. Stamm-Erkrankungen	37
3. Myokardzustand	38
4. Operabilität	41
Zusammenfassung	45
Literatur	48
Lebenslauf	53

E i n l e i t u n g

Die chirurgische Therapie der koronaren Herzkrankheit mit Hilfe des aortokoronaren Bypass, die von FAVALORO (1968, 1969) eingeführt und in Deutschland erstmalig von HEGEMANN (1970) durchgeführt wurde, ist heute zu einem festen Bestandteil im Behandlungskonzept geworden.

Diese Operation ist insbesondere bei funktioneller Störung der Ventrikelkontraktion infolge hochgradiger, hämodynamisch wirksamer Stenosen im proximalen Drittel der großen Kranzarterienäste indiziert.

Die Grenzen der Operabilität sind insbesondere von zwei pathologisch-anatomischen Kriterien abhängig:

- dem Zustand der Koronararterien und
- dem Zustand des zu versorgenden Myokard.

Eine stenosierte Kranzarterie ist nur noch dann operabel, wenn das Ausflußgebiet genügend groß ist, wenn möglichst keine peripheren Stenosen vorhanden sind, wenn sie am Ort der vorgesehenen Bypass-Anastomose einen Durchmesser von mindestens 1 mm hat und hier möglichst nicht koronarsklerotisch verändert ist.

Die Beurteilung dieser koronariellen Seite der Operabilität gelingt heute sehr gut mit Hilfe der intravitalen Koronarangiographie (NIEDERER et al. 1977).

Schwieriger dagegen ist die myokardiale Seite der Indikation: Sicher hat es keinen Sinn, transmurale Schwielen revaskularisieren zu wollen. Doch die Erkennung des Ausmaßes einer Verschielung ist trotz nuklearmedizinischer Verfahren und trotz der modernen Nitroglycerin- und Belastungs-Laevokardiographie vielfach noch unsicher (ROSKAMM et al. 1976).

Es erscheint daher gerechtfertigt, in einer Zeit, in der die Bypass-Operation die häufigste Operation überhaupt zu werden scheint (LOOGEN 1973) und in der man einen Bedarf von 20 000 Operationen pro Jahr für die Bundesrepublik Deutschland berechnet hat (DITTRICH et al. 1976), die Frage der koronariellen und myokardialen Indikationsgrenzen der koronaren Bypass-Operation anhand eines Kollektivs von verstorbenen Patienten zu untersuchen, die an einer koronaren Herzkrankheit gelitten haben.

M a t e r i a l u n d M e t h o d e

Untersucht wurden 145 Herzen aus dem Obduktionsgut des Pathologischen Instituts der Universität Erlangen-Nürnberg mit klinisch gesicherter koronarer Herzerkrankung mit und ohne frischen oder alten Herzinfarkt und mit mindestens einer mindestens 70%igen Koronarstenose.

Das Durchschnittsalter betrug 65,6 Jahre, die Geschlechtsverteilung 78 % männliche und 22 % weibliche Patienten. Die Altersverteilung ist in Tab. 1 zusammengefaßt.

unter 30 Jahre		0,69 %
30 - 39 Jahre		1,38 %
40 - 49 Jahre		5,52 %
50 - 59 Jahre		17,93 %
60 - 69 Jahre		37,24 %
70 - 79 Jahre		26,20 %
80 - 89 Jahre		11,03 %

Tab. 1: Altersverteilung der 145 obduzierten Patienten mit koronarer Herzkrankheit.

Nach Unterbindung der Vena cava inferior und Entnahme der Brustorgane wurden in die Vena cava superior und in eine Lungenvene Katheter eingebunden, die restlichen Lungenvenen ligiert und das Herz nach Durchtrennung der Aorta ascendens und des Truncus pulmonalis entnommen. Die postmortale Koronarangiographie erfolgte nach der Methode von HORT et al (1973), wobei in einem Teil der Fälle die Ostien der Koronararterien direkt kanüliert wurden. Das Gemisch aus Gelatine und Röntgenkontrastmittel (Micropaque^R) wurde in einem 37°C-Wasserbad bei einem Druck von 100 mm Quecksilbersäule über 20 Minuten in beide Kranzarterien gefüllt. Nach Entfaltungsfixation der Herzhöhlen über die eingebundenen Katheter mit 10%igem Formalin wurden Röntgenaufnahmen des Herzens (s. Abb. 1) in verschiedenen Projektionen angefertigt (Röntengerät: Faxitron⁺). Nach Bestimmung des Ventrikelvolumens wurde das Herz in 10 mm dicke Transversalscheiben zerlegt, die erneut geröntgt wurden (s. Abb. 2).

⁺ Wir danken dem Universitätsbund Erlangen für die Spende zur Anschaffung des Geräts.

Anschließend erfolgte die Abpräparation der Koronararterien, die wiederum geröntgt (s. Abb. 3) und in 3 mm lange Segmente lamelliert wurden (s. Abb. 4).

Nach der makroskopischen Befundung wurden die Segmente zur histologischen Untersuchung in Paraffin eingebettet, die mikroskopische Auswertung erfolgte nach Hämatoxylin-Eosin- und Elastica-van-Gieson-Färbungen. Der Zustand des Myokard wurde anhand der makroskopischen Beurteilung der Transversalscheiben und anhand gezielter histologischer Untersuchungen aus allen Versorgungsgebieten der Kranzarterien (Färbungen: Hämatoxylin-Eosin und Elastica-van-Gieson) klassifiziert.

Beurteilt wurden im einzelnen:

- die Topographie der Koronararteriensklerose,
- der Grad der Stenosierung der Kranzarterien,
- der Zustand des Herzmuskels in den einzelnen Versorgungsgebieten der Kranzarterien und
- die Korrelation zwischen Stenosegrad und Myokardzustand des zugehörigen Versorgungsgebietes.

Der Sitz der atherosklerotischen Herde wurde in ein Schema übertragen. Je nach Anzahl der kritisch - über 70 % - stenosierte Hauptäste der Koronararterien (Hauptstamm der linken Kranzarterie, Ramus descendens anterior, Ramus circumflexus und rechte Kranzarterie) wurde von 1-, 2-, 3- und 4-Stamm-Erkrankungen gesprochen. Die drei Hauptäste (Ramus descendens anterior, Ramus circumflexus und rechte Kranzarterie) wurden in proximales, mittleres und distales Drittel unterteilt.

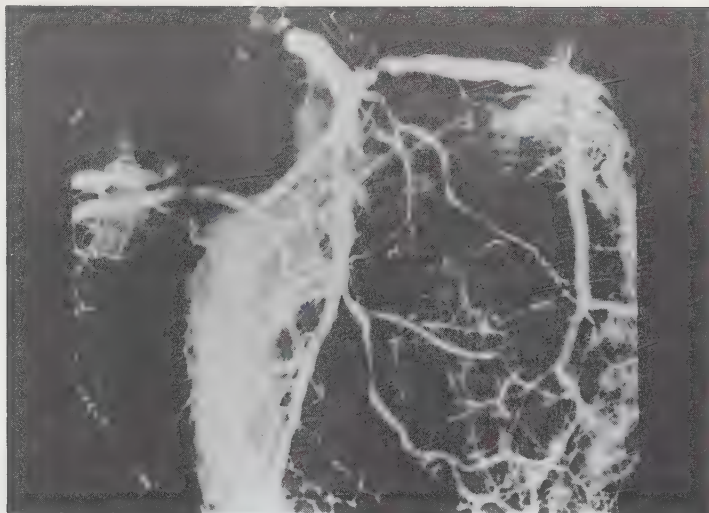


Abb. 1: Postmortales Koronarangiogramm (Ausschnitt):
hochgradige Stenose im Anfangsteil des Ramus
descendens anterior und des Ramus circumflexus

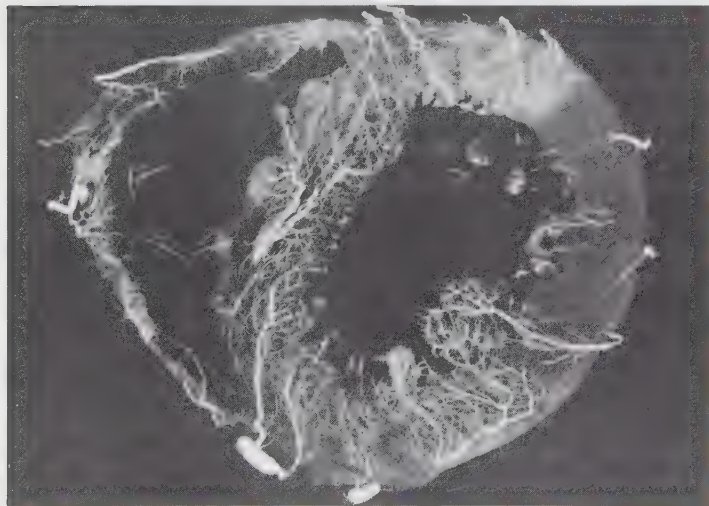


Abb. 2: Koronarangiogramm einer Herzscheibe mit frischem
transmuralem Seitenwandinfarkt

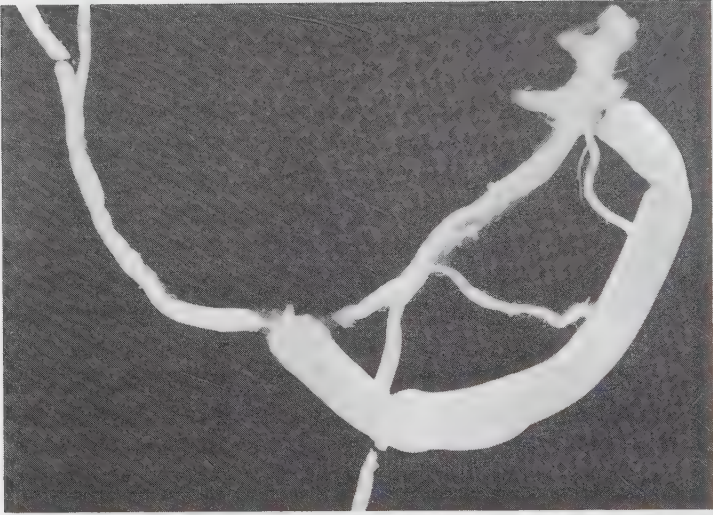


Abb. 3: Angiogramm einer freipräparierten rechten
Kranzarterie mit aortokornarem Venenbypass



Abb. 4: Lamellierte linke Kranzarterie (Ausschnitt) mit frischem thrombotischen Verschuß im Anfangsteil des Ramus descendens anterior, hochgradiger Stenose im Ramus diagonalis, Füllungsmasse (weiß) im Lumen der nicht obstruierten Kranzarterienäste

Der Grad der Stenosierung der Kranzarterien wurde makroskopisch anhand der Röntgenbilder und der lamellierten Koronararterien und histologisch prozentual geschätzt. Die Unterteilung erfolgte nach dem Stenosegrad in verschiedene Gruppen:

- O = ohne Veränderungen
- I = unter 50 %
- II = 50 bis 69 %
- III = 70 bis 99 %
- IV = 100 %.

Der Zustand des Herzmuskels in den kritisch stenosierten oder verschlossenen Kranzarterien-Versorgungsgebieten wurde in folgende Gruppen unterteilt (s. Abb. 5):

- O = morphologisch intaktes Myokard
- I = feine fleckförmige subendokardiale Schwielen
- II = zusammenhängende subendokardiale Schwiele
- III = zusammenhängende Schwiele bis in die mittleren Wandschichten des Herzmuskels
- IV = transmurale Schwiele.

Die Operabilität pro Koronarast wurde je nach Zustand des Myokard, des jeweiligen Koronararterienastes und nach der Größe des Versorgungsgebietes in fünf verschiedene Gruppen unterteilt:

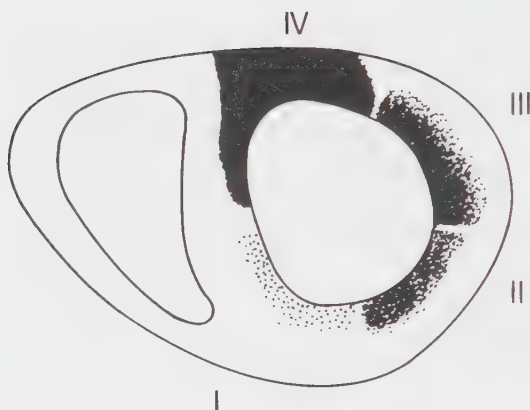


Abb. 5: Graduierung der Myokard-Schwielen

- O = keine Indikation, da keine kritische Stenose
- A = ideale Indikation: keine Schwielen, keine Ausflußbahnstenose, großes Versorgungsgebiet
- B = eingeschränkte Indikation: Schwielen Grad I oder II und/oder geringgradige Ausflußbahnstenosen und/oder mittelgroßes Versorgungsgebiet
- C = Grenzindikation: Schwiele Grad III und/oder mittelgradige Ausflußbahnstenosen und/oder kleines Versorgungsgebiet
- Ø = Inoperabel: Schwiele Grad IV und/oder hochgradige Ausflußbahnstenosen und/oder sehr kleines Versorgungsgebiet.

Die Operabilität wurde getrennt pro Koronararterienast und pro Herz klassifiziert. Bei eingeschränkter Indikation (B), Grenzindikation (C) und bei Inoperabilität (D) wurde untersucht, ob die Limitierung koronariell, myokardial oder gemischt koronariell/myokardial bedingt war.

E r g e b n i s s e

1. Häufigkeit und Topographie der kritischen Koronarstenosen

Bei 145 Herzen wurden insgesamt 414 über 70%ige Stenosen gefunden, das sind im Mittel 2,85 kritische Stenosen pro Herz. Von diesen kritischen Lichtungseinengungen waren 39 frisch thrombosiert (9,4 %).

Die größte Anzahl der kritischen Stenosen (41,8 %; n = 173) wurde im Ramus descendens anterior (RDA) nachgewiesen, wobei das proximale Drittel mit 69,9 % am häufigsten befallen war (s. Tab. 2).

In diesen 121 kritischen Stenosen des RDA im proximalen Drittel sind 23 hochgradige Abgangsstenosen oder Verschlüsse des Ramus diagonalis enthalten, wobei nur Stenosen in einem großkalibrigen, aus einer Trifurcatio oder aus dem proximalen RDA entspringenden Ramus diagonalis gewertet wurden.

	RDA	RC	RKA	HS	Summe
a = oberes Drittel	121 (69,9%)	51 (49,0%)	56 (43,8%)	--	= 228 (55,1)
b = mittleres Drittel	42 (24,3%)	39 (35,5%)	47 (36,7%)	--	= 128 (30,9)
c = distales Drittel	10 (5,8%)	14 (13,5%)	25 (19,5%)	--	= 49 (11,8)
Summe	173 (41,8%)	104 (25,1%)	128 (30,9%)	9 (2,2%)	= 414 (100)

Tab. 2: Häufigkeit und Topographie der kritischen Stenosen und Verschlüsse in den 4 Hauptstämmen der Kranzarterien
(RDA = Ramus descendens anterior,
RC = Ramus circumflexus sinister,
RKA = rechte Kranzarterie,
HS = Hauptstamm der linken Kranzarterie).

Die rechte Kranzarterie (RKA) wies in 30,9 % (n = 128) mindestens eine kritische Stenose auf, die Verteilung dieser Stenosen auf das proximale, mittlere und distale Drittel zeigte zwar auch eine Bevorzugung des oberen Drittels mit 43,8 %, das mittlere Drittel war jedoch mit 36,7 % fast genauso häufig befallen und im distalen Drittel fanden sich mit 19,5 % mehr kritische Lichtungseingungen als im distalen Ramus descendens anterior oder Ramus circumflexus (s. Tab. 2).

An dritter Stelle der Häufigkeit der kritischen Stenosen folgte der Ramus circumflexus (RC) mit 25,1 % (n = 104). Auch hier war die Dominanz des oberen Drittels mit 49 % nicht so ausgeprägt wie im RDA (s. Tab. 2).

Der Hauptstamm der linken Kranzarterie (HS) war in 9 Fällen kritisch stenosiert, das sind 2,2 % der Gesamtzahl von 414 Stenosen und 6,4 % der 145 Herzen (s. Tab. 2).

Die 39 frischen Thrombosen verteilten sich wie folgt: 21mal RDA, 14mal RKA und 4mal RC. Die Lokalisation der Thrombosen im oberen, mittleren und distalen Drittel entspricht der Verteilung der Lokalisation der atherosklerotischen Herde: von den 21 Thrombosen des RDA waren 14 im proximalen und 7 im mittleren Drittel lokalisiert, von den 4 RC-Thrombosen fanden sich 3 proximal und eine im mittleren Drittel und von den thrombotischen Verschlüssen der rechten Kranzarterie waren 7 im mittleren, 5 im proximalen und 2 im distalen Drittel lokalisiert.

Bei Berücksichtigung aller Stenosegrade, also auch der nicht kritischen Lichtungseinengungen (unter 50 % = I, 50 - 69 % = II), zeigt sich, daß im Hauptstamm der linken Kranzarterie neben den 6,2 % kritischen Stenosen in 34,5 % der Fälle in diesem wichtigen Abschnitt des Koronararteriensystems atherosklerotische Veränderungen vorhanden waren (s. Abb. 6).

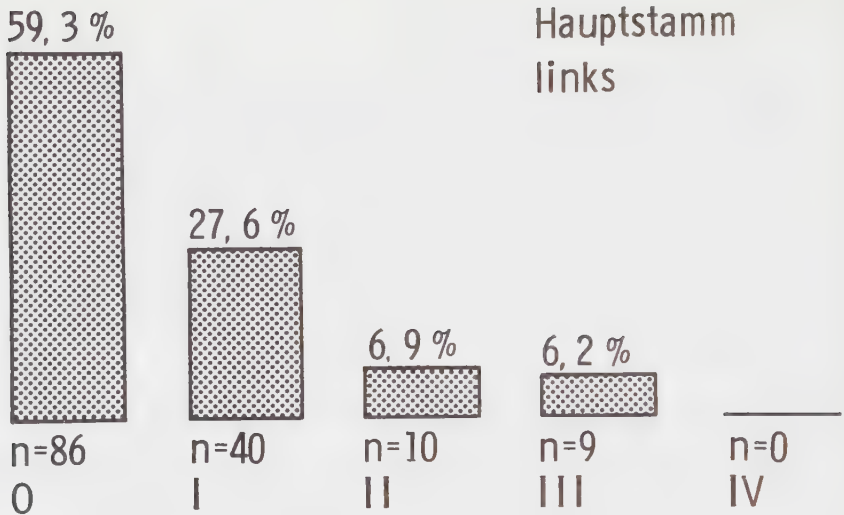


Abb. 6: Häufigkeit und Graduierung der koronar-sklerotischen Veränderungen im Hauptstamm der linken Kranzarterie.

RDA

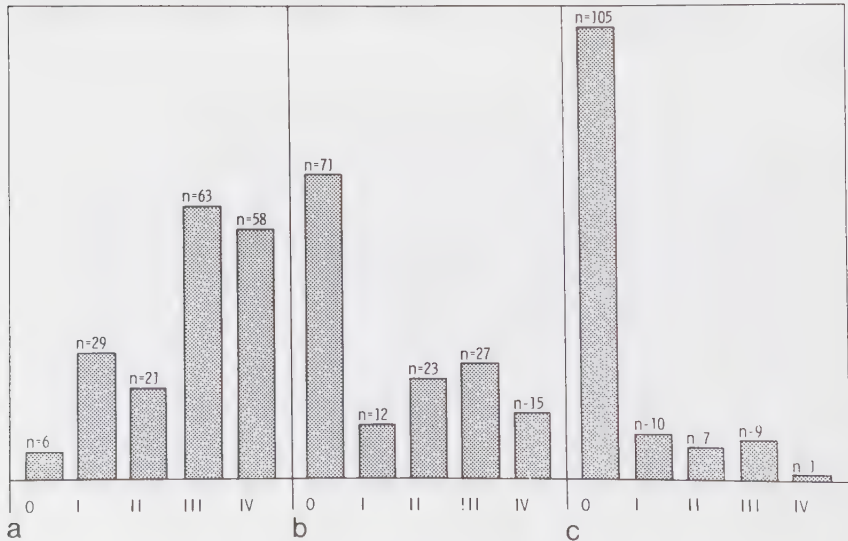


Abb. 7: Häufigkeit und Graduierung der koronar-sklerotischen Veränderungen im oberen (a), mittleren (b) und distalen (c) Drittel des Ramus descendens anterior.

RC

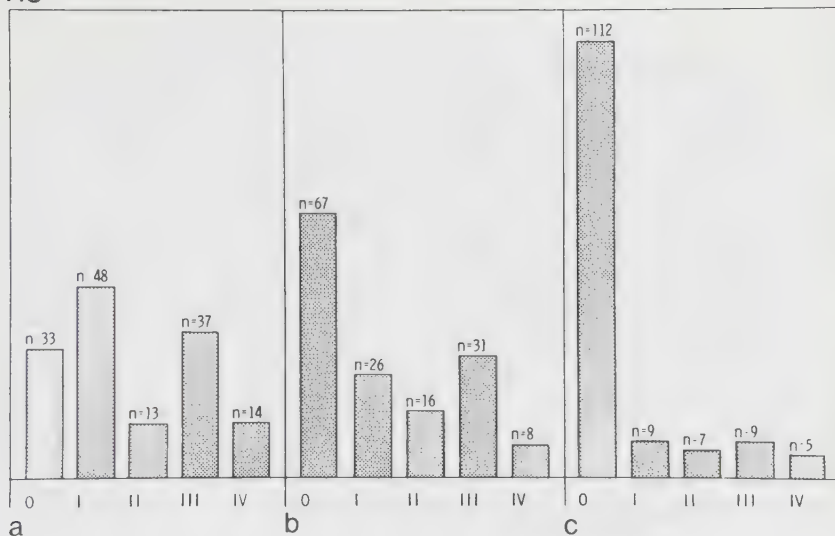


Abb. 8: Häufigkeit und Graduierung der koronar-sklerotischen Veränderungen im oberen (a), mittleren (b) und distalen (c) Drittel des Ramus circumflexus.

RKA

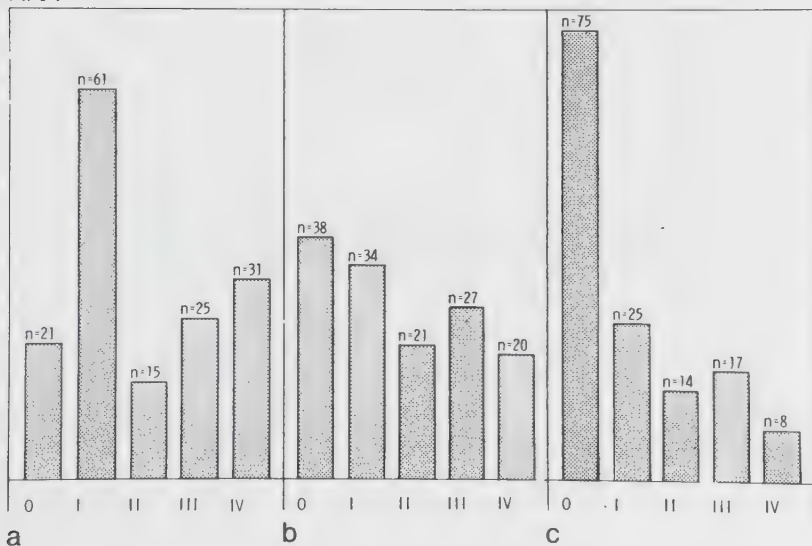


Abb. 9: Häufigkeit und Graduierung der koronar-sklerotischen Veränderungen im oberen (a), mittleren (b) und distalen (c) Drittel der

Die Aufschlüsselung des koronarsklerotischen Befalls des RDA, RC und der RKA zeigt, daß auch bei Berücksichtigung der nicht kritischen Lichtungseinengungen das proximale und mittlere Drittel der großen Kranzarterienäste eindeutig häufiger erkrankt sind als das distale (s. Abb. 7 - 9). Dies gilt insbesondere für den RDA und den RC, während in der RKA relativ häufig auch im distalen Drittel geringgradige Intimaplaques nachweisbar waren.

2. Aufgliederung in Stamm-Erkrankungen

Eine 1-Stamm-Erkrankung ("1-vessel disease" = 1-VD), d.h. eine kritische Stenosierung nur eines einzigen Koronararterienastes, fanden wir in 28,2 % (s. Tab. 3). Am häufigsten war die 2-Gefäß-Erkrankung mit 39,3 %, gefolgt von der 3-Stamm-Erkrankung mit 31,1 %. Der gleichzeitige Befall des Hauptstamms der linken Kranzarterie, des Ramus descendens anterior, Ramus circumflexus und der rechten Kranzarterie wurde in 1,4 % nachgewiesen (s. Tab. 3).

Die prozentuale Aufgliederung der 1-Gefäß-Erkrankung zeigt, daß der Ramus descendens anterior mit 53,7 % vor dem RC mit 24,4 %, der RKA mit 17,0 % und dem linken Hauptstamm mit 4,9 % führt. Bei den 2-Stamm-Erkrankungen dominiert die Kombination des Befalls des Ramus descendens anterior und der rechten Kranzarterie, bei den 3-Gefäß-Erkrankungen die Kombination RDA, RKA und RC (s. Tab. 3).

<u>1-VD</u>		<u>n = 41 (28,2 %)</u>
	RDA	n = 22 (53,7 %)
	RC	n = 10 (24,4 %)
	RKA	n = 7 (17,0 %)
	HS	n = 2 (4,9 %)

<u>2-VD</u>		<u>n = 57 (39,3 %)</u>
	RDA + RKA	n = 29 (50,9 %)
	RDA + RC	n = 21 (36,8 %)
	RKA + RC	n = 7 (12,3 %)

<u>3-VD</u>		<u>n = 45 (31,1 %)</u>
	RDA + RC + RKA	n = 40 (88,9 %)
	HS + RDA + RKA	n = 3 (6,7 %)
	HS + RDA + RC	n = 1 (2,2 %)
	HS + RC + RKA	n = 1 (2,2 %)

<u>4-VD</u>	HS+RDA + RC + RKA	n = 2 (1,4 %)
-------------	-------------------	----------------

Tab. 3: Aufgliederung in Stamm-Erkrankungen
(VD = "vessel disease", berücksichtigt
wurden nur kritische Stenosen und Ver-
schlüsse).

3. Myokardzustand

a) Myokardzustand in allen Versorgungsgebieten

Die Auswertung des Myokardzustandes aller 435 Haupt-Versorgungsgebiete der 145 Herzen ergab, daß das Myokard in 54,9 % (n = 293) aller Versorgungsgebiete morphologisch intakt war, also keine Schwieler und kein frischer Infarkt nachweisbar waren (s. Tab. 4 und Abb. 10).

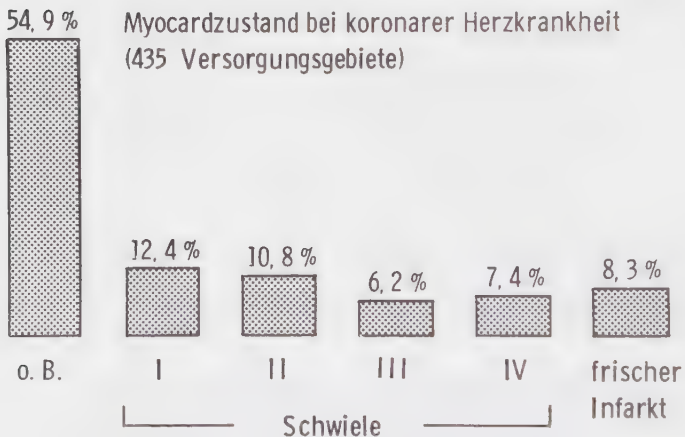


Abb. 10: Zustand des Myokard in 435 Versorgungsgebieten bei 145 Herzen mit koronarer Herzkrankheit.

Analog dem Zustand der Koronararterie (s. Tab. 2) fanden wir im Versorgungsgebiet des Ramus circumflexus in 69 % ein intaktes Myokard, Schwielen wurden in diesem Areal insgesamt in 26,9 % registriert, davon waren nur 3,4 % transmural. Frische Infarkte existierten im Circumflexus-Versorgungsgebiet in 4,1 %. Die rechte Kranzarterie nahm hinsichtlich der Verschielung, der frischen Infarkte und der intakten Herzmuskel-Areale eine Mittelstellung ein, während das Versorgungsgebiet des Ramus descendens anterior am häufigsten verschwielt war und hier auch die meisten frischen Infarkte (15,1 %) registriert wurden (s. Tab. 4).

Myokard-Zustand	R D A	R C	R K A	Summe
O	53 (36,6%)	100 (69,0%)	86 (59,3%)	293 (54,9%)
I	26 (18,0%)	13 (9,0%)	15 (10,3%)	54 (12,4%)
II	21 (14,5%)	12 (8,3%)	14 (9,7%)	47 (10,8%)
III	6 (4,2%)	9 (6,2%)	12 (8,2%)	27 (6,2%)
IV	17 (11,7%)	5 (3,4%)	10 (6,9%)	32 (7,4%)
frischer Infarkt	22 (15,1%)	6 (4,1%)	8 (5,6%)	36 (8,3%)
Summe	145 (100 %)	145 (100 %)	145 (100 %)	435 (100 %)

Tab. 4: Myokard-Zustand in 435 Versorgungsgebieten
(Ramus descendens anterior = RDA,
Ramus circumflexus = RC und
rechte Kranzarterie = RKA,
Einteilung des Myokardzustand siehe Abb. 5)
bei 145 Herzen mit koronarer Herzkrankheit.

b) Myokardzustand hinter kritischen Stenosen

Für diese Auswertung wurde pro Hauptstamm nur eine kritische Stenose gewertet, deshalb reduziert sich die Gesamtzahl der kritischen Koronarstenosen in den Herzkranzarterien von 245 auf 131. Von diesen werden die neun Hauptstammstenosen gesondert betrachtet. In den übrigen Versorgungsgebieten hinter den 122 kritischen Stenosen in Ramus descendens anterior, Ramus circumflexus und in der rechten Kranzarterie war in 55,8 % morphologisch intaktes Myokard nachweisbar. Kleinfleckige subendokardiale Schwielen (I) wurden in 24,6 % registriert, zusammenhängende subendokardiale Schwielen (II) in 9 %, Schwielen vom Ausprägungsgrad III in 4,1 % und transmurale Schwielen (IV) in 6,5 % (s. Abb. 11). Frische Infarkte wurden in dieser Auswertung nicht mitberücksichtigt. Hinter kritischen Stenosen ist also in 89,4 % mit morphologisch intaktem oder nur geringgradig subendokardial verschwielmetem Myokard zu rechnen.

Die Beurteilung des Zustands der Myokardareale hinter kritischen Stenosen in den drei Hauptstämmen (s. Abb. 12) zeigt, daß in der rechten Kranzarterie der Anteil des intakten Myokard am größten und im Ramus descendens anterior am kleinsten ist. Faßt man jedoch diese Areale mit den geringgradigen Verschwielungen zusammen, so ergibt sich, daß die Verteilung in den Versorgungsgebieten der drei großen Hauptstämme annähernd gleich ist.

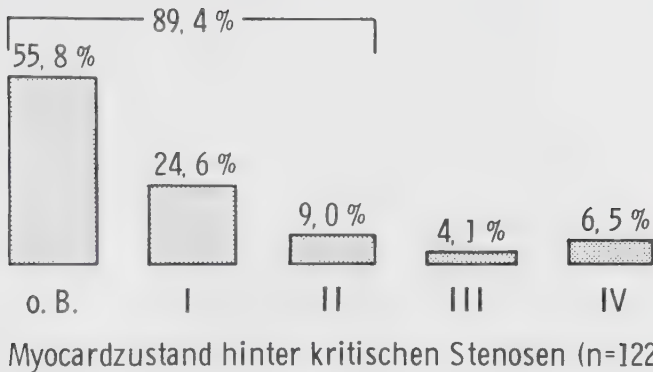
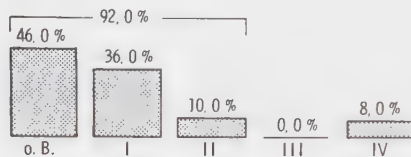


Abb. 11: Myokardzustand hinter kritischen Stenosen (ohne frische Infarkte, Zeichenerklärung siehe Abb. 5).

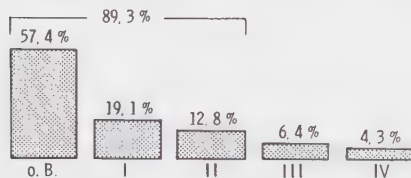
Bei den 9 kritischen Stenosen des Hauptstamms der linken Kranzarterie wurden die Versorgungsgebiete der beiden aus dem Hauptstamm entspringenden Kranzarterienäste (RDA und RC) gesondert ausgewertet. Von den 18 untersuchten Myokardarealen waren 11 ohne pathologische Veränderungen, 3mal ließen sich kleinfleckige subendokardiale Schwielen (I) nachweisen und je 2mal wurde der Schwielengrad II bzw. IV registriert. Insgesamt verteilen sich die einzelnen Schwielengrade auf die beiden Versorgungsgebiete gleichmäßig (s. Tab. 5).

Myocardareale hinter kritischen Stenosen (n=122)

RDA (n=50)



RC (n=47)



RKA (n=25)

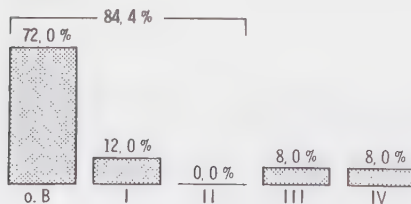


Abb. 12: Zustand des Myokard hinter kritischen Stenosen des RDA (oben), RC (Mitte) und der RKA (unten). Zeichenerklärung siehe Abb. 5.

Schwielengrad	RDA	RC	Summe
o.B.	n = 5	n = 6	n = 11
I	n = 2	n = 1	n = 3
II	n = 1	n = 1	n = 2
III	n = 0	n = 0	n = 0
IV	n = 1	n = 1	n = 2
	n = 9	n = 9	n = 18

Tab. 5: Myokardzustand hinter kritischen Stenosen des Hauptstamms der linken Kranzarterie im Versorgungsgebiet des Ramus descendens anterior und Ramus circumflexus.

c) Myokardzustand hinter Koronarverschlüssen

Da bei der Existenz mehrerer Verschlüsse pro Koronarast jeweils nur der proximal lokalisierte Verschluß gewertet wurde, reduziert sich die Gesamtzahl der Occlusionen von 160 auf 140. Außerdem wurden 29 thrombotische Verschlüsse, die einen frischen Infarkt verursacht hatten, und 6 weitere verschließende Thrombosen, die für einen plötzlichen Herztod verantwortlich waren, bei dieser Auswertung nicht berücksichtigt. Die Auswertung der 105 Myokardareale hinter alten organisierten thrombotischen Koronarverschlüssen ergibt, daß nur 10,5 % dieser Versorgungsgebiete morphologisch intakt waren, während 22,9 % transmural (IV) und 19,0 % homogen bis zur Mitte der Herzkammerwandung verschwielt

waren. Nur geringgradige feinfleckige subendokardiale Schwielen (I) fanden sich in 19,0 % und zusammenhängende subendokardiale Schwielen (II) in 26,8 %. Immerhin ist aber in insgesamt 58,1 % der Versorgungsgebiete hinter Koronarverschlüssen noch weitgehend morphologisch intaktes Myokard nachweisbar (s. Abb. 13).

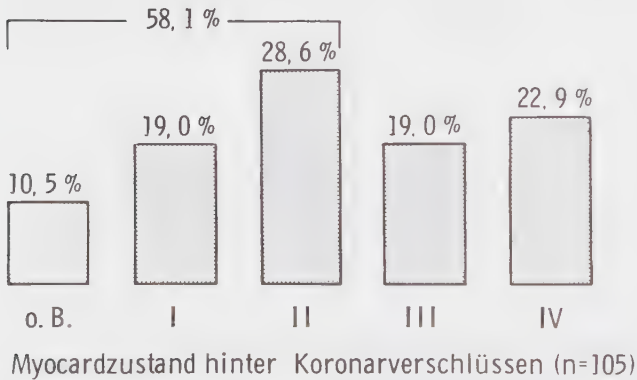


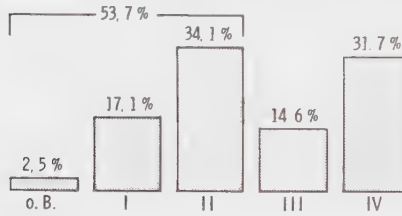
Abb. 13: Myokardzustand in den Versorgungsgebieten von 105 verschlossenen Kranzarterienästen.

Die Aufgliederung des Myokardzustandes hinter Koronarverschlüssen je nach versorgendem Ast zeigt, daß der Anteil der transmuralen Schwielen im Versorgungsge-

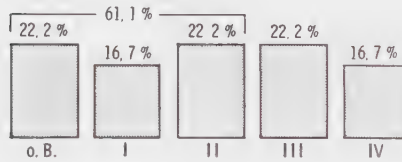
biet des Ramus descendens anterior mit 31,7 % am höchsten ist. Hier wurde nur in 2,5 % intaktes Myokard gefunden. Addiert man jedoch die Schwielen des Grad I und II, so ergibt sich immerhin noch in 53,7 % revaskularisationswürdiges Myokard (s. Abb. 14). Der höchste Prozentsatz des morphologisch intakten Myokard hinter Koronarverschlüssen wurde im Versorgungsgebiet des Ramus circumflexus nachgewiesen. Das Versorgungsgebiet der rechten Kranzarterie war trotz Verschluß in 13 % nicht verschwielt. Die Summation der intakten Myokardareale und der Schwielen Grad I und Grad II ergibt für den Ramus circumflexus und die rechte Kranzarterie in 61,1 % bzw. 60,8 % noch revaskularisationswürdiges Myokard hinter Verschlüssen dieser beiden Kranzarterienäste (s. Abb. 14).

Myocardzustand hinter Koronarverschlüssen (n=105)

RDA (n=41)



RC (n=18)



RKA (n=46)

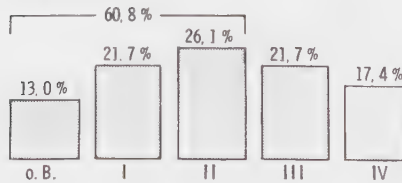


Abb. 14: Myocardzustand hinter alten Koronarverschlüssen des RDA, RC und der RKA (Zeichenerklärung siehe Abb. 5).

4. Operabilität

Die Beurteilung der Operabilität der koronaren Herz-erkrankung erfolgte getrennt pro Versorgungsgebiet der einzelnen koronararterien-Äste und pro Herz. Bei Einschränkung der Operabilität wurde gesondert ausgewertet, ob die Limitierung der Operationsindikation vom Zustand der Kranzarterien oder vom Zustand bzw. der Größe des myokardialen Versorgungsgebietes abhängig war bzw. sowohl koronariell als auch myokardial bedingt war. Das Kollektiv der 47 Herzen mit frischen koronarthrombosen und/oder frischen Infarkten wurde gesondert ausgewertet. Für die Beurteilung der Operabilität verbleiben somit 98 Herzen mit kritischen Stenosen oder alten Verschlüssen.

a) Gliederung nach Versorgungsgebieten

In 4 der 9 Fälle mit kritischer Stenosierung des Hauptstamms der linken Kranzarterie bestand eine ideale Operationsindikation (A), d.h. die Versorgungsgebiete dieses Stammes waren nicht verschwielt und die Kranzarterien wiesen keine Ausflußbahnstenose auf. In 3 Fällen war die Indikation infolge geringgradiger Verschwiellung in einem der beiden Versorgungsgebiete und infolge geringgradiger Stenosierung im Ramus descendens anterior und/oder Ramus circumflexus eingeschränkt (B), einmal bestand eine Grenzindikation (C) und einmal war das Versorgungsgebiet transmural verschwielt, eine Revaskularisationsoperation also nicht mehr angezeigt (s. Abb. 15).

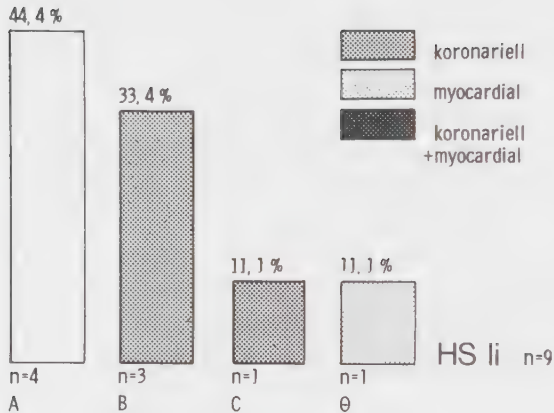


Abb. 15: Beurteilung der Operabilität bei kritischen Stenosen des Hauptstamms der linken Kranzarterie (Einschränkung der Operabilität: helles Raster = myokardial bedingt, mittleres Raster = koronariell bedingt, dunkles Raster = sowohl koronariell als auch myokardial bedingt).

Bei kritischen Stenosen oder Verschlüssen des Ramus descendens anterior bestand in 20,9 % eine ideale Operationsindikation. In 32 % war die Indikation eingeschränkt (B), wofür in erster Linie eine kleinfleckige Verschwielung des Versorgungsgebietes verantwortlich

war. In 3,3 % bestand eine Grenzindikation (C) und in 42,8 % wäre eine Operation nicht mehr indiziert gewesen (Θ). Die Ursachen der Inoperabilität waren gleichmäßig auf koronarielle und myokardiale Faktoren zurückzuführen (s. Abb. 16).

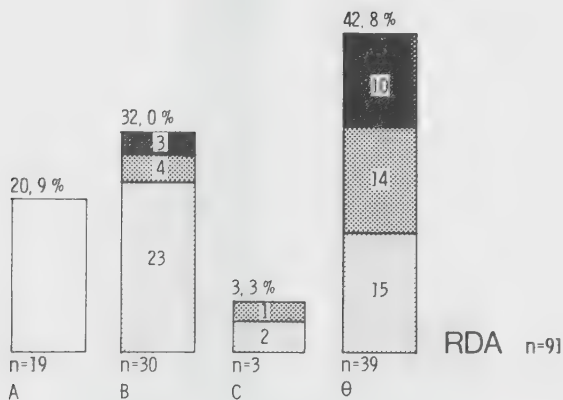


Abb. 16: Beurteilung der Operabilität bei kritischen Stenosen (n = 50) und Verschlüssen (n = 41) des Ramus descendens anterior (Zeichenerklärung siehe Abb. 15).

Der hohe Prozentsatz (63,0 %) der Inoperabilität bei kritischer Stenosierung oder Verschluß des Ramus circumflexus ist in erster Linie auf koronarielle Faktoren zurückzuführen. Nur in 13,8 % hätte eine ideale Indikation zur Revaskularisation bestanden, in 20,0 % ergab sich eine eingeschränkte Indikation (B) und 2mal (3,2 %) existierte eine Schwiele Grad III, also eine Grenzindikation (C) (s. Abb. 17).

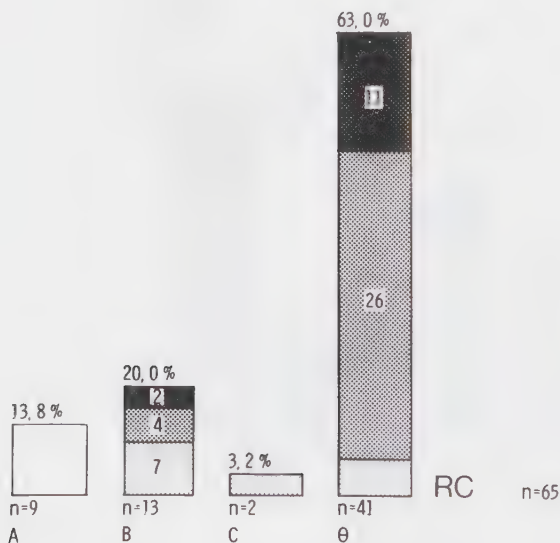


Abb. 17: Beurteilung der Operabilität bei kritischen Stenosen (n = 47) und Verschlüssen (n = 18) des Ramus circumflexus (Zeichenerklärung siehe Abb. 15).

Auch der hohe Anteil der Inoperabilität der Stenosen und Verschlüsse der rechten Kranzarterie ist vor allem auf koronarielle Faktoren, also Ausflußbahnstenosen und kleine Endverzweigungen, zurückzuführen. Eine ideale Indikation (A) zur Revaskularisation hätte nur in 12,7 % bestanden, eine eingeschränkte Indikation (B) wurde in 9,9 % und eine Grenzindikation (C) in 8,4 % registriert (s. Abb. 18).

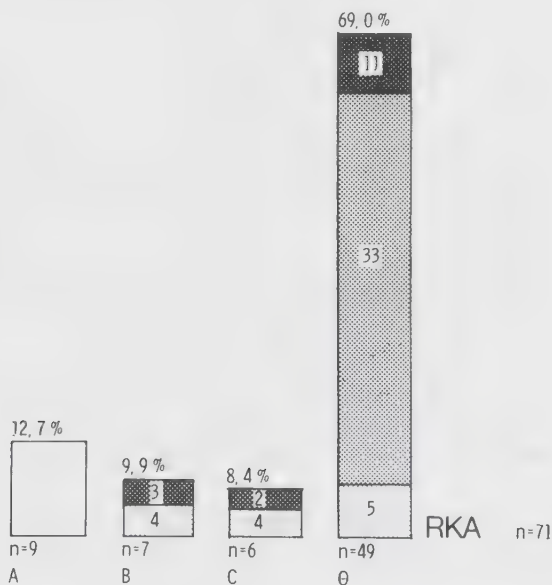


Abb. 18: Beurteilung der Operabilität bei kritischen Stenosen (n = 25) und Verschlüssen (n = 46) der rechten Kranzarterie (Zeichenerklärung siehe Abb. 15).

b) Gliederung nach Stamm-Erkrankungen

Die Untersuchung der 98 Herzen mit kritischer Stenose oder Verschuß in einem, zwei, drei oder vier Haupt-ästen der Kranzarterien hinsichtlich der Operabilität ist nur schwer tabellarisch zu erfassen, da die Operabilität pro erkrankten Kranzarterienast getrennt aufgeführt werden muß. Nur für die 1-Stamm-Erkrankung ergeben sich klare Verhältnisse: 30,0 % wären ideal operabel gewesen, in 26,7 % war die Indikation eingeschränkt (B), in 3 % bestand eine Grenzindikation (C) und in 40 % wäre eine Revaskularisation nicht mehr möglich gewesen (s. Tab. 6).

Faßt man die 2- und 3-Stamm-Erkrankungen unter dem Aspekt zusammen, daß mindestens einer der kritisch stenosierten oder verschlossenen Kranzarterienäste in diesen Fällen ideal operabel gewesen wäre, so ergibt sich eine A-Indikation in 27,2 % der 2-Stamm-Erkrankungen und 30,3 % der 3-Stamm-Erkrankungen. Eine Revaskularisation wäre in diesen Gruppen in 36,4 % bzw. 33,3 % nicht mehr möglich gewesen. Wegen der vielen Kombinationen und der daraus resultierenden kleinen Fallzahlen in den verschiedenen Untergruppen wurde auf eine Angabe der koronariellen und myokardialen Ursachen der Inoperabilität verzichtet.

Von den zwei 4-Stamm-Erkrankungen hätte in einem Fall eine Operationsindikation bestanden (s. Tab. 6).

1 - VD	2 - VD	3 - VD	4 - VD
A n = 9	AA n = 1 AB n = 1 AC n = 4 AΘ n = 3	AAA n = 1 AAB n = 1 ABC n = 1 ABΘ n = 4 AΘΘ n = 3	AAAΘ n = 1
30,0 %	27,2 %	30,3 %	50 %
B n = 8	BB n = 1 BΘ n = 11	BBB n = 2 BBΘ n = 3 BCΘ n = 2 BΘΘ n = 5	
26,7 %	36,4 %	36,4 %	-
C n = 1			CCΘΘ n = 1
3,3 %	-	-	50 %
Θ n = 12	ΘΘ n = 12	ΘΘΘ n = 11	
40 %	36,4 %	33,3 %	
n = 30	n = 33	n = 33	n = 2

Tab. 6: Beurteilung der Operabilität von 98 Herzen mit kritischen Stenosen oder Verschlüssen der Kranzarterien nach Aufgliederung in 1-, 2-, 3- und 4-Stamm-Erkrankungen.

c) FrISChe Infarkte und frISChe Thrombosen

Untersucht wurden insgesamt 47 Herzen mit frischen thrombotischen Verschlüssen und/oder frischen Infarkten. Es wurde berechnet, wie viele dieser Herzen operabel gewesen wären, wenn die Revaskularisation vor der Entstehung der Thrombose stattgefunden hätte. Es ergab sich, daß zwar 29,9 % inoperabel gewesen wären, andererseits hätte jedoch in 48,9 % dieser Fälle eine ideale Indikation zur Revaskularisation bestanden (s. Abb. 19).

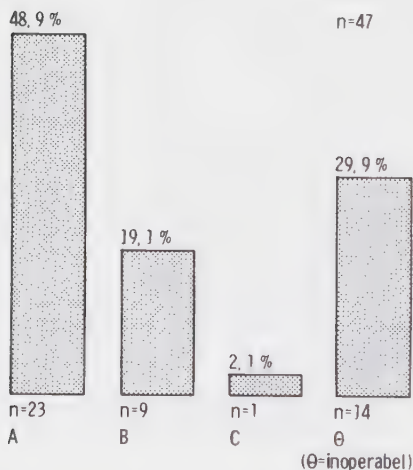


Abb. 19: Beurteilung der Operabilität bei frischen thrombotischen Kranzarterien-Verschlüssen und/oder frischen Infarkten unter der Annahme, daß die Revaskularisation vor der Thrombosierung bzw. dem Infarkt stattgefunden hätte.

D i s k u s s i o n

Bei wieviel Prozent der Patienten mit koronarer Herz-
erkrankung ist die Anlage eines aortokoronaren Bypass
möglich? Diese Frage ist bis heute nicht zufriedenstel-
lend beantwortet. Auf Grund pathologisch-anatomischer
Studien kommt BARMEYER (1971) zu dem Schluß, daß nur
bei 8 % der Patienten mit stenosierender Koronararte-
riensklerose eine Indikation zur direkten Revaskulari-
sation besteht. Dagegen errechneten BERGER und STARY
(1971) - ebenfalls an einem Kollektiv verstorbener Patien-
ten mit koronarer Herzerkrankung - , daß vom anatomischen
Standpunkt aus gesehen bei 88 % der Herzen die Anlage
mindestens eines aortokoronaren Venenbypass möglich ge-
wesen wäre. Ähnlich widersprüchlich sind klinische Sta-
tistiken: Während SCHEBELLE (1977) betont, daß nur 10 -
15 % der koronarangiographierten Patienten mit korona-
rer Herzerkrankung operabel sind, liegt dieser Prozent-
satz nach Angaben von HOOD (1977) in Vancouver bei 30 %,
in Birmingham (USA) bei 40 % und in Nashville sogar bei
80 %. Schon 1973 stellten LOOGEN et al. bei 25,4 % von
177 Patienten mit stenosierender Koronararteriosklerose
die Indikation zum aortokoronaren Venenbypass. Nach
LICHTLEN (1977) ist jeder dritte koronarangiographierte
Patient mit koronarer Herzerkrankung operabel, und
ROSKAMM (1977) schätzt, daß etwa 80 % der Patienten mit
schwerer Angina pectoris durch die Revaskularisation mit
einem aortokoronaren Bypass von der Angina befreit werden
können.

Der Erfolg oder Mißerfolg einer Bypass-Operation ist insbesondere von der Größe des zu operierenden Versorgungsgebietes und von dem Myokardzustand dieses Gebietes abhängig (ROSKAMM et al. 1978). Die pathologisch-anatomische Beurteilung der Operabilität der koronaren Herzkrankheit erfordert deshalb eine möglichst exakte Untersuchung dieser beiden Kriterien und des Zustandes der kleinen Kranzarterienäste in diesen Versorgungsgebieten.

Deshalb ist für unsere Fragestellung eine ähnlich aufwendige Obduktionsmethodik notwendig, wie sie STOLTE (1975) für Sektionen von Patienten angegeben hat, die nach Anlage eines aortokoronaren Bypass verstorben sind:

1. postmortale Koronarangiographie
2. Entfaltungsfixation des Herzens und der Kranzarterien
3. Röntgenaufnahmen der vom Herzen freipräparierten Kranzarterien
4. Lamellieren der Kranzarterien
5. Transversalsektion des Herzens
6. histologische Untersuchungen.

Die Angiographie gestattet genaue Aussagen über die Größe des Versorgungsgebietes, den Zustand der peripheren Äste und den Grad der inter- und intrakoronariellen Anastomosierung. Wir bevorzugen die HORTsche Methode gegenüber der von RODRIGUEZ und REINER (1957) angegebenen, die auch von SCHOENMACKERS (1960, 1965) und BARMEYER (1970) benutzt wird, weil durch das Zerlegen des fixierten Herzens in 10 mm dicke transversale Scheiben die Topographie und Größe der Myokardschwielen am besten beurteilt werden kann. Den Nachteil, daß man die zentral zur Bildebene verlaufenden Äste nicht auf den Scheiben-Röntgenbildern beurteilen kann, gleichen wir durch die radiologische Unter-

suchung der freipräparierten Kranzarterien aus. Auch VLODAVER und EDWARDS (1972), LICHTIG et al. (1973), LEFLEY et al. (1972) plädieren für die transversale Myokardsektion.

Zur Graduierung des Stenosegrades ist neben der Angiographie auch das Lamellieren und die histologische Untersuchung der Kranzarterien notwendig. Die nach Längsaufschneiden der Kranzarterien gemachten Schätzungen über den Stenosegrad und die daraus abgeleiteten Spekulationen zur Operabilität sind kritisch zu bewerten (BERGER und STARY 1971). Schon SCHLESINGER und ZOLL (1941) kritisieren, daß durch das Längsaufschneiden einer Kranzarterie mehr als die Hälfte der Verschlüsse übersehen werden kann.

Die Grenze der Operabilität der koronaren Herzkrankheit wird in den meisten koronarchirurgischen Zentren auch vom Alter der Patienten abhängig gemacht. Grundsätzlich gilt jedoch, daß ein höheres Lebensalter primär keine Kontraindikation für die Koronarchirurgie darstellt (von der EMDE 1974). Allerdings muß bei über 70jährigen Patienten mit einer höheren Frühletalität gerechnet werden (WUKASCH 1974, SCHNELLBACHER et al. 1977). Wir haben den Altersfaktor in unserer Beurteilung nicht berücksichtigt und sind nur von den pathologisch-anatomischen Veränderungen der Koronararterien und deren myokardialen Folgen ausgegangen. Naturgemäß ist in einem Obduktionskollektiv von Patienten mit koronarer Herzkrankheit die Altersverteilung nach rechts verschoben. Die von uns untersuchten Patienten waren überwiegend (74,5 %) über 60 Jahre alt, unter 40 Jahre alt waren nur 2,1 %, im 5. und 6. Lebensjahrzehnt befanden sich 23,4 % (s. Tab. 1). Das Durchschnittsalter unseres Kollektivs (n = 145) lag bei 65,6 Jahren.

1. Häufigkeit und Topographie der kritischen koronarstenosen

Schon die topographische Verteilung der Koronarstenosen spricht dafür, daß auf Grund der pathologischen Anatomie der Koronararteriosklerose die Anlage eines aortokoronaren Bypass bei koronarer Herzerkrankung in den meisten Fällen prinzipiell möglich ist: Die Mehrzahl der kritischen Stenosen und Verschlüsse in den drei Hauptästen der Kranzarterien ist nämlich im proximalen oder mittleren Drittel lokalisiert, während im distalen Drittel relativ selten hochgradige Lichtungseinengungen vorkommen. In unserem Kollektiv fanden sich die meisten kritischen Stenosen im Ramus descendens anterior (41,8 %), an zweiter Stelle lag die rechte Kranzarterie (30,9 %) vor dem Ramus circumflexus (25,1 %). Im Hauptstamm der linken Kranzarterie fanden wir 2,2 % kritische Stenosen (s. Tab. 2). Diese Verteilung stimmt weitgehend mit pathologisch-anatomischen Untersuchungen anderer Autoren überein (MONTE-NEGRO und EGGEN 1968, BARMEYER 1971, BERGER und STARY 1971, SCHLESINGER und ZOLL 1941, SINAPIUS 1972, HORT et al. 1977).

Innerhalb der drei Hauptäste der Kranzarterien waren die kritischen Stenosen und Verschlüsse vorwiegend im proximalen Drittel lokalisiert. Dies gilt insbesondere für den Ramus descendens anterior (69,9 %), während im Ramus circumflexus 49,0 % im proximalen und 35,3 % im mittleren Drittel und in der rechten Kranzarterie 43,8 % im proximalen und 36,7 % der Stenosen im mittleren Drittel lokalisiert waren (s. Tab. 2). Auch BERGER und STARY (1971) und HORT et al. (1977) berichten über ähnliche Ergebnisse. Auch bei der Berücksichtigung der nicht kritischen Stenosen ergibt sich, daß das proximale und mittlere Drit-

tel der großen Kranzarterienäste eindeutig häufiger erkrankt ist als das distale (s. Abb. 7 - 9). Nur in der rechten Kranzarterie fanden wir - wie auch BAROLDI (1974) und BERGER und STARY (1971) - auch im distalen Drittel häufiger Stenosen als in den anderen Kranzarterienästen.

2. Stamm-Erkrankungen

Auf den ersten Blick mag es verwundern, daß wir in einem relativ hohen Prozentsatz (28,2 %) der Patienten, die an einer koronaren Herzerkrankung verstorben sind, nur eine 1-Gefäß-Erkrankung gefunden haben. Am häufigsten wurden die 2-Gefäß-Erkrankungen (39,3 %) nachgewiesen, an zweiter Stelle lagen mit 31,1 % die 3-Gefäß-Erkrankungen, während nur in 1,4 % der Fälle kritische Stenosen in allen vier Hauptabschnitten des Kranzarteriensystems gefunden wurden (s. Tab. 3). Im Untersuchungsgut von BERGER und STARY (1971) führt sogar die 1-Gefäß-Erkrankung mit 39 % vor der 2-Gefäß-Erkrankung mit 33 % und der 3-Gefäß-Erkrankung mit 25 %. Unsere Daten stimmen weitgehend mit den intravital angiographisch erhobenen Befunden von DIETHRICH et al. (1967) überein. Diese Daten belegen auch eindrucksvoll, daß die zum Tode führende koronare Herzerkrankung nicht nur fortgeschrittene Erkrankungen aller Hauptäste der Kranzarterien sind, sondern daß vielfach schon ein proximaler Verschluß eines Astes für das Schicksal des Patienten entscheidend sein kann. Dies gilt insbesondere für den Ramus descendens anterior, der in unserem Kollektiv mit 1-Gefäß-Erkrankungen mit 53,7 % führt und im Untersuchungsgut von BERGER und STARY (1971) sogar in 67,6 % kritisch steno-

siert ist. Dieser Kranzarterienast versorgt den größten Anteil des linksventrikulären Myokard (HOFFMANN et al. 1970, KALBFLEISCH und HORT 1976), deshalb ist bei Verschluß dieses Astes die Prognose besonders ungünstig. Aus diesem Grund bezeichnen SCHLESINGER und ZOLL (1941) den Ramus descendens anterior als "die Arterie des plötzlichen Todes" und HEGEMANN (zit. nach STOLTE 1977) spricht von der "Schicksalsarterie des Menschen". Bei Patienten mit Angina pectoris ist dagegen intravital angiographisch in bis zu 80 % eine 3-Gefäß-Erkrankung nachzuweisen (LICHTLEN 1977).

3. Myokardzustand

Exakte Untersuchungen über die Korrelation zwischen Stenosegrad der Kranzarterienäste und Myokardzustand im zugehörigen Versorgungsgebiet sind selten. Bei alten oder frischen Infarkten findet sich in weit über 90 % der Fälle ursächlich eine kritische Stenose oder ein Verschluß in dem zugehörigen Kranzarterienast (HORT 1977). Bei geringgradigen Stenosen fand BAROLDI (1977) in 10,8 % Infarkte, bei Stenosen der Schweregrade III und IV in 11,8 % und bei Verschlüssen in 55,3 %. BAROLDI hat auch Herzen von Patienten untersucht, bei denen die Koronararterien-sklerose nicht zu einer manifesten koronaren Herzkrankheit geführt hatte. Unser kollektiv besteht dagegen nur aus Patienten, bei denen klinisch eine koronare Herzerkrankung bekannt war.

Für die Beurteilung der Operabilität ist der Myokardzustand von entscheidender Bedeutung (MANLEY und JOHNSON

1972, ROSKAMM 1976). Für den Erfolg der Revaskularisation ist besonders wichtig, wieviel Myokard in dem Gebiet, das mit einem aortokoronaren Bypass revaskularisiert werden soll, erhalten ist (STOLTE 1975). Deshalb haben wir den Myokardzustand in fünf unterschiedliche Grade eingeteilt (s. Abb. 5).

In den Versorgungsgebieten hinter kritischen Koronarstenosen fanden wir nur in 6,5 % transmurale Schwielen und in 4,1 % eine Verschielung, die nahezu die Hälfte der Muskulatur in diesem Versorgungsgebiet zerstört hatte. In 89,4 % muß jedoch grundsätzlich die Möglichkeit der Revaskularisation diskutiert werden. In 55,8 % wäre die Operabilität von der myokardialen Seite aus gesehen ideal gewesen, denn in diesen Fällen war die Herzmuskulatur morphologisch noch völlig intakt. In 24,6 % bestanden nur fleckförmige subendokardiale Schwielen und in 9 % eine zusammenhängende subendokardiale Verschielung (s. Abb. 11).

Die Aufgliederung des Myokardzustandes hinter kritischen Stenosen der drei Hauptäste der Kranzarterien zeigt, daß hinter diesen Veränderungen der rechten Kranzarterie in 72,0 %, des Ramus circumflexus in 57,4 % und des Ramus descendens anterior in 46,0 % intaktes Myokard vorliegt. Wenn man jedoch davon ausgeht, daß auch bei geringgradiger Verschielung der Innenschichten des Myokard noch eine Operationsindikation besteht, so ist nach unseren Ergebnissen von der myokardialen Seite aus gesehen bei Vorliegen von kritischen Stenosen der drei Hauptäste der Kranzarterien eine Operationsindikation in 84 - 92 % gegeben (s. Abb. 12). Auch bei kritischen Stenosen des Hauptstamms der linken Kranzarterie ist in unserem Kollektiv bei 8 von 9 Fällen die Revaskularisation mindestens eines der beiden aus dem Hauptstamm abgehenden Äste vom Myokardzustand aus gesehen möglich. Verschlüsse des

Hauptstamms lagen in unserem Untersuchungsgut nicht vor.

Selbst hinter Koronarverschlüssen ist unter der Voraussetzung, daß die Revaskularisation auch noch bei geringgradigen Innenschichtschwielen sinnvoll ist, eine Operationsindikation in 58,1 % gegeben. Diese Voraussetzungen sind allerdings naturgemäß ungünstiger als bei kritischen Stenosen, denn nur in 10,5 % war das Myokard noch nicht verschwiele, in 19 % registrierten wir den Schwielengrad I und in 28,6 % den Schwielengrad II. Transmurale Schwielen lagen in 22,9 % vor und der Schwielengrad III wurde in 19,0 % nachgewiesen.

Bei Verschluß des Ramus descendens anterior haben wir nur in 2,5 % intaktes Myokard im Versorgungsgebiet dieses Astes gefunden, während im Versorgungsgebiet des Ramus circumflexus und der rechten Kranzarterie noch 22,2 % bzw. 13 % nicht verschwiele waren. Die Summation der intakten Myokardareale und der Schwielengrade I und II ergibt eine theoretische Operabilität von 53,7 % für den Ramus descendens anterior, 60,8 % für die rechte Kranzarterie und 61,1 % für den Ramus circumflexus (s. Abb. 14).

Sicher ist bei der Revaskularisation der Myokardareale mit Verschwielung der Innenschicht nicht mehr eine relevante Verbesserung der Funktion des linken Ventrikels bzw. dieses Kammerwandanteiles zu erwarten (ALDERMAN et al. 1972, KLINE et al. 1972). Andererseits scheint aber die vermehrte Blutzufuhr in die partiell verschwielenen Myokardbezirke die Progression des Leidens - den unaufhalt-samen Untergang der Muskulatur bei Weiterbestehen der Koronarinsuffizienz - zu stoppen. Vielleicht ist deshalb die Koronarchirurgie auch für diese Patienten eine Chance, die Prognose des Leidens zu verbessern (KAY et al. 1972, GAARDER et al. 1974, LEFEMINE et al. 1974, STOLTE 1975).

4. Operabilität

Die Beurteilung der Operabilität wird naturgemäß ungünstiger als in den vorhergehenden Kapiteln, denn die Grenzen der Operationsindikation sind sowohl vom Zustand der Koronararterien als auch vom Zustand der Herzmuskulatur abhängig. Eine ideale Operationsindikation (A) liegt nur dann vor, wenn im zu revaskularisierenden Myokard keine Schwielen vorhanden sind, das Versorgungsgebiet relativ groß ist und keine koronarielle Ausflußbahnstenosen bestehen. Von "eingeschränkter Indikation" (B) sprechen wir, wenn subendokardiale Verschwielen existieren und/oder geringgradige Ausflußbahnstenosen und/oder ein mittelgroßes Versorgungsgebiet vorliegen. Findet sich in der zu revaskularisierenden Muskulatur eine Schwielle Grad III und/oder mittelgradige Ausflußbahnstenosen und/oder ist das Versorgungsgebiet klein, so besteht wohl kaum noch Aussicht auf einen Operationserfolg, wir sprechen von Grenzindikation (C). Inoperabilität wurde bei transmuraler Verschwielen und/oder hochgradiger Ausflußbahnstenose und/oder sehr kleinem Versorgungsgebiet unterstellt.

Berücksichtigt man zunächst nur die einzelnen Versorgungsgebiete, ohne den Zustand des restlichen Herzmuskels und die Erkrankung der anderen Kranzarterienäste in die Indikationsüberlegungen einzubeziehen, so kommt man zu dem Schluß, daß eine ideale Operationsindikation nur in ca. 10 - 20 % vorliegt. Nur bei Hauptstammstenosen ist eine ideale Operationsindikation in 44,4 % gegeben. Diese Zahlen stimmen erstaunlich gut mit den von SCHEBELLE (1977) angegebenen Daten nach intravitaler Koronarangiographie und Laevokardiographie überein. Bei unserer Auswertung haben wir allerdings Verschlüsse und Stenosen nicht ge-

sondert betrachtet. Nur die Fälle mit frischen thrombotischen Koronarverschlüssen und/oder frischen Infarkten wurden gesondert ausgewertet.

Die günstigsten Aussichten auf einen Operationserfolg bestehen bei Hauptstammstenosen: bei 4 von 9 Fällen wäre die Indikation ideal gewesen, bei 3 weiteren Fällen war sie nur geringgradig eingeschränkt (s. Abb. 15). Auch bei Stenosen und Verschlüssen des Ramus descendens anterior sind die Aussichten auf einen Erfolg der Revaskularisation relativ günstig: faßt man die Gruppen A und B zusammen, so ergibt sich eine Operationsindikation in 52,9 %, während 42,8 % dieser Patienten inoperabel gewesen wären. Die Ursachen für die Einschränkung der Operabilität waren gleichmäßig auf koronarielle und myokardiale Faktoren zurückzuführen (s. Abb. 16).

Dagegen ist der hohe Prozentsatz der Inoperabilität der Stenosen und Verschlüsse des Ramus circumflexus (63 %) vorwiegend durch koronarielle Faktoren bedingt. 33,8 % der Fälle mit Erkrankung dieses Astes wären aus morphologischer Sicht operabel gewesen (s. Abb. 17).

Noch ungünstiger liegen die Verhältnisse bei der rechten Kranzarterie: hier wären 69 % der Patienten mit Erkrankung dieser Arterie inoperabel gewesen, was wiederum überwiegend auf Ausflußbahnstenosen und kleine Versorgungsgebiete, also koronarielle Faktoren, zurückzuführen war (s. Abb. 18). Nur in 22,6 % der Fälle mit Stenosen oder Verschlüssen der rechten Kranzarterie hätte eine ideale oder eingeschränkte Operationsindikation bestanden.

Gliedert man das Kollektiv in Stamm-Erkrankungen und beurteilt die Operabilität für jeden erkrankten Stamm gesondert, so werden trotz der Fallzahl von 98 Herzen die Einzelgruppen relativ klein. Nur bei den 1-Gefäß-Erkrankungen ergeben sich klare Verhältnisse: bei 30 % hätte eine ideale Operationsindikation vorgelegen, bei 26,7 %

registrierten wir eine eingeschränkte Indikation und 40 % dieser Fälle wären inoperabel gewesen (s. Tab. 6).

Geht man davon aus, daß bei Erkrankung mehrerer Stämme mindestens einer der Kranzarterienäste ideal operabel gewesen wäre, so ergibt sich eine A-Indikation in 27,2 % der 2-Stamm-Erkrankungen, 30,3 % der 3-Stamm-Erkrankungen und 50 % der 4-Stamm-Erkrankungen (s. Tab. 6).

Eine eingeschränkte Indikation (B) bestand unter dieser Voraussetzung bei 36,4 % der Herzen mit 2- oder 3-Gefäß-Erkrankungen, während 36,4 % der Fälle mit zwei erkrankten Stämmen und 33,3 % der Patienten mit drei erkrankten Gefäßen inoperabel gewesen wären.

Diese Aufschlüsselung erklärt die unterschiedlichen klinischen Angaben über den Prozentsatz der operablen Patienten mit koronarer Herzerkrankung: je nachdem, ob man die Indikation zur Revaskularisation sehr streng stellt, oder von dem Grundsatz ausgeht, das theoretisch Mögliche zu versuchen, muß aus morphologischer Sicht die Beurteilung der Operabilität zwischen 10 und 60 % schwanken.

Die unterschiedlichen klinischen Angaben dürften zum Teil auch auf die unterschiedliche Indikationsstellung zur Koronarangiographie zurückzuführen sein: wenn man die Indikation zur Angiographie sehr weit stellt, dürfte der Anteil der Koronarogramme mit geringgradigen Veränderungen relativ hoch sein, wenn man die Indikation aber sehr streng stellt, ist der Prozentsatz der schwerwiegenden Befunde sicher auch höher.

Wenn man aber berücksichtigt, daß es sich bei unserem Kollektiv um Patienten handelt, die infolge der koronaren Herzerkrankung verstorben sind, so stimmt unser Ergebnis hinsichtlich der therapeutischen Möglichkeiten der aortokoronaren Bypass-Operation bei Patienten mit koronarer Herzerkrankung doch optimistisch.

Dies zeigt insbesondere die Beurteilung der Operabilität bei Patienten mit frischen Koronarthrombosen und/oder frischen Herzinfarkten unter der Annahme, daß die Anlage des aortokoronaren Bypass vor Entstehung der Thrombose oder des Infarktes erfolgt wäre. In nahezu 50 % dieser Fälle hätte eine ideale Operationsindikation bestanden und in weiteren 19,1 % wäre die Indikation nur geringgradig eingeschränkt gewesen. Mit anderen Worten: In nahezu 70 % der Fälle mit frischer verschließender Koronarthrombose oder frischem Infarkt wäre der letale Ausgang durch die rechtzeitige Anlage eines aortokoronaren Venenbypass zu verhindern gewesen. Dieses Ergebnis unterstreicht eindrucksvoll die LICHTLENSche Forderung nach möglichst frühzeitiger Koronarangiographie und Laevokardiographie, um rechtzeitig entscheidende therapeutische Erfolge erzielen zu können (LICHTLEN 1973).

Z u s a m m e n f a s s u n g

Um die Frage zu prüfen, bei wieviel der Patienten mit einer manifesten koronaren Herzerkrankung die Anlage eines aortokoronaren Bypass möglich ist und wo die koronariellen und myokardialen Indikationsgrenzen liegen, wurden die Herzen von 145 Patienten mit klinisch manifester koronarer Herzerkrankung pathologisch-anatomisch untersucht (postmortale Koronarangiographie, Lamellieren der Kranzarterien, Transversalsektion des Herzens, histologische Untersuchungen).

Insgesamt wurden 414 kritische Stenosen oder Verschlüsse nachgewiesen: 41,8 % im Ramus descendens anterior, 30,9 % in der rechten Kranzarterie, 25,1 % im Ramus circumflexus und 2,2 % im Hauptstamm der linken Kranzarterie. Topographisch bestand eine Bevorzugung des proximalen Drittels der Kranzarterienäste: im Ramus descendens anterior in 69,9 %, im Ramus circumflexus in 49,0 % und in der rechten Kranzarterie in 43,8 %. Demgegenüber waren im distalen Drittel nur relativ selten kritische Stenosen oder Verschlüsse nachweisbar: im Ramus descendens anterior in 5,8 %, im Ramus circumflexus in 13,5 % und in der rechten Kranzarterie in 19,5 %. Dies gilt nicht nur für die kritischen Stenosen, sondern auch für geringgradige koronarsklerotische Veränderungen, so daß auf Grund der Topographie der Koronararteriensklerose die Möglichkeit der Revaskularisation durch einen aortokoronaren Bypass sehr günstig einzuschätzen ist.

Am häufigsten war mit 39,3 % die 2-Gefäß-Erkrankung nachweisbar, eine 3-Gefäß-Erkrankung fand sich in 31,1 %, eine 1-Gefäß-Erkrankung in 28,2 % und eine 4-Gefäß-Erkrankung in 1,4 %.

Das Myokard war in den 435 Hauptversorgungsgebieten der 145 Herzen in 54,9 % morphologisch intakt, in 36,8 % lag eine unterschiedlich ausgeprägte Verschwielen vor und in 8,3 % fand sich ein frischer Infarkt.

Hinter 122 kritischen Stenosen war die Muskulatur in 55,8 % morphologisch intakt, in 24,6 % bestand eine geringgradige feinfleckige subendokardiale Verschwielen (I), in 9,0 % eine zusammenhängende subendokardiale Schwielen (II), in 4,1 % eine Verschwielen bis in die mittleren Myokardschichten (III) und in 6,5 % eine transmurale Schwielen (IV).

Hinter kritischen Stenosen der rechten Kranzarterie war der Anteil der intakten Herzmuskulatur am größten (72,0 %), hinter denen des Ramus descendens anterior (46,0 %) am kleinsten.

Hinter Koronarverschlüssen waren dagegen nur 10,5 % der betroffenen Versorgungsgebiete morphologisch intakt, die Schwielengrade verteilten sich wie folgt: Grad I = 19,0 %, II = 28,6 %, III = 19,0 % und IV = 22,9 %.

Geht man davon aus, daß auch bei geringgradiger Innenschichtverschwielen noch eine Operationsindikation gegeben ist, so sind 89,4 % der Myokardareale hinter kritischen Stenosen und 58,1 % der Versorgungsgebiete hinter Koronarverschlüssen noch operabel.

Die Beurteilung der Operabilität in den einzelnen Versorgungsgebieten unter Berücksichtigung sowohl der myokardialen als auch der koronariellen limitierenden Faktoren zeigte, daß in 44,4 % der Stenosen des Hauptstamms der linken Kranzarterie eine ideale (A) und in 33 % eine geringgradig eingeschränkte (B) Operationsindikation bestanden hätte. Für die Versorgungsgebiete der drei Hauptäste ist diese Relation nicht so günstig: Ramus descendens

anterior: A = 20,9 %, B = 32,0 %; Ramus circumflexus:
A = 13,8 %, B = 20,0 %; rechte Kranzarterie: A = 12,7 %, B = 9,9 %.

Von den 1-Gefäß-Erkrankungen wären 30,0 % ideal operabel gewesen, in 26,7 % hätte eine eingeschränkte Indikation bestanden. Nicht ganz so günstig sind die Verhältnisse bei den 2- und 3-Gefäß-Erkrankungen. Allerdings wäre in diesen Fällen mindestens einer der erkrankten Koronararterienäste in ca. 30 % ideal operabel und in 36 % eingeschränkt operabel gewesen.

Wenn man berücksichtigt, daß es sich bei diesen Untersuchungen um ein Kollektiv von verstorbenen Patienten mit koronarer Herzerkrankung gehandelt hat, also um eine negative Auslese, so stimmen die Ergebnisse hinsichtlich der therapeutischen Möglichkeiten der aortokoronaren Bypass-Operation doch optimistisch. Dies zeigt insbesondere die Untersuchung der Fälle mit frischer verschließender koronarthrombose und/oder frischem Herzinfarkt: in nahezu 70 % dieser Patienten hätte der letale Ausgang durch die rechtzeitige Anlage eines aortokoronaren Bypass verhindert werden können.

L i t e r a t u r

- ALDERMAN, E.L., H. SANDLER, S. MARQUIS and D.C. HARRISON:
Segmental analysis of left ventricular wall motion following aorto-coronary bypass surgery.
Circulation 45, Suppl. II, 68 (1972)
- BARMEYER, J.: Die Technik der postmortalen Koronarangiographie.
Beitr. path. Anat. 141, 91-93 (1970)
- BARMEYER, J.: Lokalisation und Verteilung der Koronarsklerose bei 112 Herzen. Ein morphologischer Beitrag zur Wahl koronar-chirurgischer Operationsmethoden.
Thoraxchirurgie 19, 137-141 (1971)
- BAROLDI, G., G. SCOMAZZONI:
Coronary circulation in the normal and the pathologic heart.
Office of the Surgeon General. Dep. of the Army, Washington, D.C. (1967)
- BAROLDI, G.: Distribution of arterio-atherosclerotic obstructive lesions in coronary arteries.
Vascular surgery 8, 53 (1974)
- BERGER, R.L., H.C. STARY: Anatomic Assessment of operability by the saphenous-vein bypass operation in coronary-artery disease.
New Engl. J. Med. 285, 248-252 (1971)
- DIETRICH, E.B., J.E. LIDDICOAT, S.A. KINARD, H.E. GARRETT, J.M. LEWIS and M.E. DEBAKEY:
Surgical significance of angiographic patterns in coronary arterial disease.
Circulation 35, 36, Suppl. I, 155-162 (1967)
- DITTRICH, H., H.G. BORST and M.-J. POLONIUS:
Aufkommen von Kranken in der Bundesrepublik Deutschland mit chirurgischen Leiden des Thorax und der kardiovaskulären Organe.
Thoraxchirurgie 24, 254-260 (1976)

- von der EMDE, J.: Operative Behandlungserfolge der Koronarerkrankung im höheren Lebensalter.
Z. präklin. Geriatrie 10, 233-241 (1974)
- FAVALORO, R.G.: Saphenous vein autograft replacement of severe segmental coronary occlusion.
Ann. Thorac. Surg. 5, 334 (1968)
- FAVALORO, R.G.: Saphenous vein graft in the surgical treatment of coronary artery disease.
J. Thorac. Cardiovasc. Surg. 58, 178-185 (1969)
- GAARDER, T.D., O. CORZO and M.E. SANMARCO:
Left ventricular function following coronary artery bypass surgery - Comparison with medical management.
Circulation 50, Suppl. III, 157 (1974)
- HEGEMANN, G.: Die chirurgische Behandlung der Koronarsklerose.
Therapiewoche 20, 38, 2173, 1-4 (1970)
- HOFFMANN, E., B. KISSELER, Ch. GEBHARDT, K.H. BUYSCH:
Verteilungsmuster der Koronargefäße und Darstellung der Versorgungsareale der großen Koronargefäßstämme. Eine injektionstechnische Studie an Leichenherzen.
Arch. Kreislaufforschg. 62, 91-117 (1970)
- HOOD, W.: Diskussionsbeitrag auf dem "Außergewöhnlichen kardiologischen Fortbildungs-Seminar".
Mediz. Hochschule Hannover, 15.3.1977
- HORT, W., H. KALBFLEISCH, F. KÖHLER, U. MILZNER-SCHWARZ, H. FRENZEL:
Kombinierte coronarchirurgische, makroskopische und mikroskopische Untersuchungen am menschlichen Herzen.
Verh. Dtsch. Ges. Path. 57, 384 (1973)
- HORT, W., R. MOOSDORF, H. KALBFLEISCH, F. KÖHLER, U. MILZNER-SCHWARZ, H. FRENZEL:
Postmortale Untersuchungen über Lokalisation und Form der stärksten Stenosen in den Koronararterien und ihre Beziehung zu den Risikofaktoren.
Z. Kardiol. 66, 333-340 (1977)

- KALBFLEISCH, H., W. HORT: Das Verteilungsmuster der Koronararterien (Versorgungstypen) des menschlichen Herzens. Postmortale Untersuchungen. Dtsch. med. Wschr. 101, 1092 (1976)
- KAY, J.H., J.V. REDINGTON, A.M. MENDEZ, P. ZUBIATE, F. DUNNE: Coronary artery surgery for the patient with impaired left ventricular function. Circulation XLVI, 4 (1972)
- KLINE, S., C. APSTEIN, H. BALTAKE and D. LEVIN: Left ventricular function after aorto-coronary bypass. Circulation 45, Suppl. II, 23 (1972)
- LEFEMINE, A.A., H.S. MOON, A. FLESSAS, T.J. RYAN, K. RAMASWAMY: Myocardial resection and coronary artery bypass for left ventricular failure following myocardial infarction. Ann. Thorac. Surg. 17, 1-15 (1974)
- LEPLEY, D. and the Committee on Coronary Artery Surgery: Optimal Resources for Coronary Artery Surgery. Report of the Inter-Society Commission for Heart Disease Resources. Ann. Thorac. Surg. 14, 413-433 (1972)
- LICHTIG, C., S. GLAGOV, S. FELDMAN, R.W. WISSLER: Myocardial ischemia and coronary artery sclerosis. Med. Clin. North Amer. 57, 79-89 (1973)
- LICHTLEN, P.: Forderungen an eine optimierte Koronarkardiologie. Thoraxchirurgie 25, Sonderheft 1, 1 (1977)
- LOOGEN, F., M. SCHWICK und W. KÜBLER: Indikationen zur chirurgischen Behandlung der koronaren Herzerkrankung. Dtsch. med. Wschr. 98, 853-858 (1973)
- MANLEY, J.C., W.D. JOHNSON: Effects of surgery on angina (pre- and postinfarction) and myocardial function (failure). Circulation 46, 1208-1221 (1972)
- MONTENEGRO, M.R., D.A. EGGEN: Topography of atherosclerosis in the coronary arteries. Lab. Invest. 18, 586 (1968)

- NIEDERER, W., K. BACHMANN, K. SCHEBELLE und G. RAAB:
Indikationen zur Koronarographie und
zum aortokoronaren Bypass.
Kliniker 6, 10 (1977)
- RODRIGUEZ, F.D., L. REINER: A new method of dissection
of the heart.
Arch. Path. 63, 160-163 (1957)
- ROSKAMM, H., P. RENTROP, J. PETERSEN:
Die Ventrikelfunktion bei koronarer
Herzerkrankung.
Aus dem Rehabilitationszentrum Bad
Krozingen. Vortrag Bad Nauheim 1976
- ROSKAMM, H.: Persönl. Mitteilung 1977
- ROSKAMM, H., B. SCHMUZIGER, P. STÜRZENHOFECKER, M. STOLTE:
Ist der Verschluss des aortokoronaren
Bypass vorhersagbar?
In Vorbereitung 1978
- SCHEBELLE, K.: Spätergebnisse der Bypass-Operation
bei koronarer Herzerkrankung.
Vortrag, Fortbildung in praktischer
Kardiologie, Erlangen, 1977
- SCHLESINGER, M.J., P.M. ZOLL: Incidence and localisation
of coronary artery occlusions.
Arch. Path. 32, 178-188 (1941)
- SCHNELLBACHER, K., W. CHRIST, P. STÜRZENHOFER, M.
SCHMUZIGER und H. ROSKAMM:
Ist bei Patienten in der 7. Lebens-
dekade noch mit einem guten funktionel-
len Erfolg nach Bypass-Operation (bp)
zu rechnen?
Z. kardiol. suppl. 4 (1977)
- SCHOENMACKERS, J.: Technik der postmortalen Angiographie
mit Berücksichtigung verwandter Methoden
postmortaler Gefäßdarstellung.
Erg. allg. Path. path. Anat. Springer
Berlin-Göttingen-Heidelberg 1960
- SCHOENMACKERS, J.: Die Angiomorphologie der Koronaro-
gramme.
Fortschr. Röntgenstr. 102, 349-368 (1965)

- SINAPIUS, D.: Zur Morphologie und Pathogenese des Koronarverschlusses.
In: Koronarinsuffizienz. Periphere Durchblutungsstörungen.
Hsg.: U. Gottstein Verlag Hans Huber
Bern Stuttgart Wien (1973)
- STOLTE, M.: Morphologische Analyse der Koronarchirurgie.
Verlag Gerhard Witzstrock GmbH Baden-Baden, Brüssel (1975)
- STOLTE, M.: Gerd HEGEMANN: Vater der deutschen Koronarchirurgie.
Klinikarzt 6, 10 (1977)
- VLODAVER, Z., J.E. EDWARDS: The Pathologist approaches Clinical Coronary Disease.
Human Pathology 3, 3-9 (1972)
- WUKASCH, D.C., J. MEYER, K.P. MALLOY, R.J. HALL, G.J. REUL, F.M. SANDIFORD, G.L. HALLMAN and D.A. COOLEY: Coronary artery bypass in 74 Patients over 70 years.
Circulation 50, Suppl. III, 211 (1974)

Herrn Prof. Dr. med. Volker Becker, Direktor des Pathologischen Instituts der Universität Erlangen-Nürnberg danke ich für die Vergabe dieser Arbeit und die Übernahme des Referats.

Herrn Dr. med. Manfred Stolte, wissenschaftlicher Assistent am Pathologischen Institut der Universität Erlangen-Nürnberg, danke ich besonders für die kritische Unterstützung bei der Planung, Durchführung und Korrektur dieser Arbeit.

Meinen Kommilitonen Beate Braun, Peter Weis, Hans Selz danke ich für die gute Zusammenarbeit und die hilfreichen Anregungen während der Phase der methodischen Bearbeitung und Lösung entsprechender Fragestellungen.

Nicht zuletzt danke ich Frau Müller für das Schreiben dieser Arbeit.

L e b e n s l a u f

Am 08. September 1951 wurde ich als Sohn von Lieselotte Fiegl, geb. Böhm, und Otto Fiegl, Regierungsdirektor, in Weißenburg (Bayern) geboren.

Nach dem Besuch der Volksschule von 1957 bis 1962 in Pleinfeld war ich bis zum Abschluß der Reifeprüfung 1971 Schüler des Gymnasiums in Schwabach, wo ich von 1962 bis 1965 den humanistischen, von 1965 bis 1971 den musischen Zweig besuchte.

Im Wintersemester 1971 begann ich an der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg das Studium der Humanmedizin. Die Ärztliche Vorprüfung legte ich 1974, den Ersten und Zweiten Abschnitt der Ärztlichen Prüfung 1975 bzw. 1977 ab.

Die Ausbildung in den Fächern Innere Medizin und Chirurgie im Rahmen des Praktischen Jahres (April 1977 - März 1978) erfolgte am Klinikum der Stadt Nürnberg. Dort war ich in der 3. Medizinischen Klinik und der 2. Chirurgischen Klinik tätig. Das Wahlfach Neurologie/Psychiatrie absolvierte ich an der Universitäts-Nervenlinik in Erlangen. Zum Studienabschluß und zur Erlangung der Approbation legte ich im April 1978 den Dritten Abschnitt der Ärztlichen Prüfung ab.

Seit Mai 1978 bin ich am Kreiskrankenhaus Gunzenhausen-Weißenburg als Assistenzarzt tätig.

